

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

JP7-24380

(11)Publication number : 03-223420

(43)Date of publication of application : 02.10.1991

(51)Int.Cl.

C21D 8/02  
// C22C 38/00  
C22C 38/06

(21)Application number : 02-015753

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 25.01.1990

(72)Inventor : YOSHIE ATSUSHIKO  
ONOE YASUMITSU  
FUJIOKA MASAOKI  
FUJITA TAKASHI

## (54) PRODUCTION OF HIGH STRENGTH STEEL

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To inexpensively produce a high strength steel well balanced between strength and toughness by subjecting a steel having a specific composition consisting of C, Si, Mn, Al, and Fe to casting and then to specific hot rolling in the as-cast state and further subjecting the resulting rolled plate to respectively specified hardening and tempering.

**CONSTITUTION:** A steel which has a composition consisting of, by weight, 0.02-0.25% C, 0.05-0.6% Si, 0.30-3.5% Mn, 0.005-0.10% Al, and the balance Fe with inevitable impurities and further containing, if necessary, one or more kinds among 0.10% Ti, 0.10% Nb, 3.0% Cu, 10.0% Ni, 10.0% Cr, 3.5% Mo, 10.0% Co, 2.0% W, 0.10% V, and 0.0025% B is cast, and, in the as-cast state without cooling down to a temp. of the Ar3 point or below or after heated up to a temp. region of the Ar3 point or above, the steel is hot rolled at a temp. between 900° C and the Ar3 point at a reduction of area of 20% of the total reduction of area. Subsequently, cooling for the resulting hot rolled plate is started within 20sec after the completion of rolling, and cooling is performed down to 450° C at 5-60° C/sec cooling rate. Then, this hot rolled plate is tempered down to a temp. region between 450° C and the Ac1 point at 1° C/sec temp. rise rate. By this method, the high strength steel improved in the balance between strength and toughness can be obtained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平7-74380

(24) (44) 公告日 平成 7 年 (1995) 8 月 9 日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 8/02		B 7217-4K		
C 2 2 C 38/00	3 0 1 A			
38/06				

請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平2-15753	(71) 出願人	999999999 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号
(22) 出願日	平成 2 年 (1990) 1 月 25 日	(72) 発明者	吉江 淳彦 福岡県北九州市八幡東区枝光 1-1-1 新日本製鐵株式会社第 3 技術研究所内
(65) 公開番号	特開平3-223420	(72) 発明者	尾上 泰光 福岡県北九州市八幡東区枝光 1-1-1 新日本製鐵株式会社第 3 技術研究所内
(43) 公開日	平成 3 年 (1991) 10 月 2 日	(72) 発明者	藤岡 政昭 福岡県北九州市八幡東区枝光 1-1-1 新日本製鐵株式会社第 3 技術研究所内
		(74) 代理人	弁理士 大関 和夫
		審査官	酒井 美知子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 強靱鋼の製造法

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】重量%で

C: 0.02~0.25%

Si: 0.05~0.6%

Mn: 0.30~3.5%

Al: 0.005~0.10%

残部が Fe および不可避免の不純物からなる鋼を、鑄造後、 $A_{r3}$  点以下の温度まで冷却することなくそのままあるいは  $A_{c1}$  点以上の温度域に加熱後、 $900^{\circ}\text{C}$  以下  $A_{r3}$  点以上の温度域で全圧下率の 20% 以上の熱間圧延を加え、圧延後、圧延により導入された金属組織的欠陥および転移密度が減少してしまう前に冷却を開始し、 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以上  $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以下の冷却速度で  $450^{\circ}\text{C}$  以下まで冷却した後、 $450^{\circ}\text{C}$  以上  $A_{c1}$  点以下の温度域まで  $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以上の昇温速度で焼戻すことを特徴とする強靱鋼の製造法。

2

【請求項 2】重量%で

C: 0.02~0.25%

Si: 0.05~0.6%

Mn: 0.30~3.5%

Al: 0.005~0.10%

さらに、

Ti  $\leq$  0.10%Nb  $\leq$  0.10%Cu  $\leq$  3.0%Ni  $\leq$  10.0%Cr  $\leq$  10.0%Mo  $\leq$  3.5%Co  $\leq$  10.0%W  $\leq$  2.0%V  $\leq$  0.10%

10

$B \leq 0.0025\%$

の1種または2種以上を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼を、鑄造後、 $A_{r3}$ 点以下の温度まで冷却することなくそのままあるいは $A_{c3}$ 点以上の温度域に加熱後、 $900^{\circ}\text{C}$ 以下 $A_{r3}$ 点以上の温度域で全圧下率の20%以上の熱間圧延を加え、圧延後、圧延により導入された金属組織的欠陥および転移密度が減少してしまう前に冷却を開始し、 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上 $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の冷却速度で $450^{\circ}\text{C}$ 以下まで冷却した後、 $450^{\circ}\text{C}$ 以上 $A_{c3}$ 点以下の温度域まで $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上の昇温速度で焼戻すことを特徴とする強靱鋼の製造法。

【発明の詳細な説明】

(産業上の利用分野)

本発明は強靱な厚鋼板の製造法に関するものである。

(従来の技術および発明が解決しようとする課題)

鋼構造物の大型化に伴い、より強靱な鋼の開発が求められている。通常引張強度 $60\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上の鋼は焼入れによりマルテンサイトまたは下部ベイナイト変態を生じせしめその後の焼戻し処理により過飽和固溶炭素を炭化物として析出せしめる方法で製造されている。このような製造法は製造に要する時間も長くかつ製造費用も多大である。近年、このような通常の焼入れ焼戻し処理の欠点を補うべく圧延後そのまま焼入れを行う直接焼入れ技術が開発された。この方法は製造費用の低減と鋼の強靱化の面である程度の効果を生んでいる。このような製造法としては例えば特公昭53-6616号公報、特公昭55-49131号公報、特公昭58-3011号公報等に記載の方法がある。しかしこのような技術では、焼戻し工程が従来のままであるためにその低生産性に起因して基本的には製造コストが高い。また冶金面から見て最適な金属組織の状態を得られているとはいいがたく、さらに強靱な鋼の製造方法が強く求められてきた。

本発明の目的はこのような強靱鋼の製造方法を提供しようとするものである。

(課題を解決するための手段)

本発明は上記のような従来法の欠点を有利に排除しうる、強靱鋼の製造法であり、その要旨とするところは次の通りである。

(1) 重量%で

$C: 0.02 \sim 0.25\%$

$Si: 0.05 \sim 0.6\%$

$Mn: 0.30 \sim 3.5\%$

$Al: 0.005 \sim 0.10\%$

残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼を、鑄造後、 $A_{r3}$ 点以下の温度まで冷却することなくそのままあるいは $A_{c3}$ 点以上の温度域に加熱後、 $900^{\circ}\text{C}$ 以下 $A_{r3}$ 点以上の温度域で全圧下率の20%以上の熱間圧延を加え、圧延後、圧延により導入された金属組織的欠陥および転移密度が減少してしまう前に冷却を開始し、 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上 $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の冷却速度で $450^{\circ}\text{C}$ 以下まで冷却した後、 $450^{\circ}\text{C}$ 以上 $A_{c3}$ 点以下の温度域まで $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上の昇温速度で焼戻すことを特徴とする強靱鋼の製造法。

$^{\circ}\text{C}$ 以上 $A_{c3}$ 点以下の温度域まで $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上の昇温速度で焼戻すことを特徴とする強靱鋼の製造法。

(2) 重量%で

$C: 0.02 \sim 0.25\%$

$Si: 0.05 \sim 0.6\%$

$Mn: 0.30 \sim 3.5\%$

$Al: 0.005 \sim 0.10\%$

さらに、

$Ti \leq 0.10\%$

$Nb \leq 0.10\%$

$Cu \leq 3.0\%$

$Ni \leq 10.0\%$

$Cr \leq 10.0\%$

$Mo \leq 3.5\%$

$Co \leq 10.0\%$

$W \leq 2.0\%$

$V \leq 0.10\%$

$B \leq 0.0025\%$

の1種または2種以上を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼を、鑄造後、 $A_{r3}$ 点以下の温度まで冷却することなくそのままあるいは $A_{c3}$ 点以上の温度域に加熱後、 $900^{\circ}\text{C}$ 以下 $A_{r3}$ 点以上の温度域で全圧下率の20%以上の熱間圧延を加え、圧延後、圧延により導入された金属組織的欠陥および転移密度が減少してしまう前に冷却を開始し、 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上 $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下の冷却速度で $450^{\circ}\text{C}$ 以下まで冷却した後、 $450^{\circ}\text{C}$ 以上 $A_{c3}$ 点以下の温度域まで $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上の昇温速度で焼戻すことを特徴とする強靱鋼の製造法。

以下本発明について詳細に説明する。

30 本発明の根幹をなす技術思想は以下のとおりである。

引張強度 $60\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上の鋼は焼入れ焼戻しまたは圧延後の直接焼入れと焼戻しにより製造される場合が多い。その強度・靱性のバランスは金属組織がマルテンサイトと下部ベイナイトの混合組織となる場合に最良となることが知られている。さらに焼入れ前のオーステナイトを加工された状態におくことにより、その混合組織の破面単位をより微細化し良好な強度・靱性のバランスを得ることができていることが知られている。この加工の効果はオーステナイト中に加工による欠陥を数多く存在せしめマルテンサイト変態のようなシアによる変態時のラスの大きさを微細化する効果および加工オーステナイト中の転移が変態後の組織中に引継がれるため延性が増す効果による。しかるにこれらの欠陥および転位は圧延後の時間とともに消滅してしまうため、圧延後できる限り早い時期に焼入れることが好ましい。さらに、変態後の組織中に引継がれた転位は焼入れ後の通常の焼戻し条件では消失してしまうが、焼戻し温度にいたるまでの昇温速度を速くすることにより、転位を多量に残存させながら固溶炭素を炭化物として析出せしめ得ることがわかった。

40 50 すなわち圧延直後の焼入れと焼戻し時の昇温速度の増加

の組み合わせにより従来得ることができなかったような良好な強度・靱性バランスを有する高張力鋼を製造することが可能となった。

このような新しい発見に基づき、鋼の化学成分、鋼の製造条件を詳細に調査した結果、本発明者らは特許請求の範囲第1項から第2項に示したような強靱鋼の製造法を創案した。以下に製造方法の限定理由を詳細に説明する。まず本発明における出発材の成分の限定理由について述べる。

Cは鋼を強化するのに有効な元素であり、0.02%未満では十分な強度が得られない。一方、その含有量が0.25%を越えると、溶接性を劣化させる。

Siは脱酸元素として、また鋼の強化元素として有効であるが、0.05%未満の含有量ではその効果はない。一方、0.6%を越えると、鋼の表面性状を損なう。

Mnは鋼の強化に有効な元素であり、0.30%未満では十分な効果が得られない。一方、その含有量が3.5%を越えると鋼の加工性を劣化させる。

Alは脱酸元素として添加される。0.005%未満の含有量ではその効果がなく、0.10%を越えると、鋼の表面性状を損なう。

TiおよびNbはいずれも微量の添加で結晶粒の微細化と析出硬化の面で有効に機能するから溶接部の靱性を劣化させない範囲で添加しても良い。この観点から、Nb、Tiともその添加量の上限を0.10%とする。

Cu、Ni、Cr、Mo、Co、Wはいずれも鋼の焼入れ性を向上させる元素である。本発明における場合、その添加により鋼の強度を高めることができるが、過度の量の添加は鋼の溶接性を損なうため、 $Cu \leq 3.0\%$ 、 $Ni \leq 10.0\%$ 、 $Cr \leq 10.0\%$ 、 $Mo \leq 3.5\%$ 、 $Co \leq 10.0\%$ 、 $W \leq 2.0\%$ に限定する。

Vは析出硬化により鋼の強度を高めるのに有効であるが、過度の添加は鋼の靱性を損なうため、その上限を0.10%とする。

Bは鋼の焼入れ性を向上させる元素である。本発明における場合、その添加により鋼の強度を高めることができるが、過度の添加はBの析出物を増加させて鋼の靱性を\*

表

\* 損なうためその含有量の上限を0.0025%とする。

次に本発明における製造条件について述べる。本発明はいかなる鑄造条件で鑄造された鑄片についても有効であるので、時に鑄造条件を制限する必要はない。また鑄片を冷やすことなくそのまま熱間圧延を開始しても一度冷却した鑄片を $Ac_1$ 点以上の温度に再加熱した後に圧延を開始しても良い。本発明においては、変態前のオーステナイト中の転位密度を十分高めておく必要があるため、所定の圧延温度域において所定の圧下率以上の圧延を施す必要がある。圧延温度 $900^\circ\text{C}$ 超ではオーステナイトが再結晶してしまうため転位密度の量が著しく減少してしまう。また圧延温度が $Ar_1$ 点未満では変態が開始してしまい強度が低下する。圧下率20%未満では転位密度が十分導入されない。圧延終了後は圧延により導入された金属組織的欠陥および転位が減少してしまう前に焼入れる必要がある。その時間は圧延終了後20秒以内が望ましいが、圧延されたオーステナイト中の転移が著しく消失してしまわない限り実質的に有効である。また加工を受けたオーステナイトを十分マルテンサイトおよび下部ベイナイトに変態させるために $5^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上の冷却速度で冷却する。また $60^\circ\text{C}/\text{秒}$ 超の冷却速度で冷却すると鋼が硬化しすぎて靱性を損なう。冷却終了温度を $450^\circ\text{C}$ 以下までと限定した理由はそれより高い温度では十分にマルテンサイトおよび下部ベイナイトに変態させることができないためである。焼戻し温度は $450^\circ\text{C}$ 未満では固溶炭素が十分に析出せずまた $Ac_1$ 点超では変態が開始してしまい強度が低下する。焼戻し中の昇温速度を $1^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上としたのは、それ未満の昇温速度では固溶炭素の析出に先立って転位が消失してしまい靱性が劣化するためである。

#### (実施例)

次に本発明を実施例にもとづいて詳細に説明する。まず表1に示す成分の鋼について表2に示す本発明方法および比較方法を適用した場合、表2表に示すような強度・靱性が得られ、明らかに本発明により強度・靱性バランスの向上がもたらされており、本発明は有効である。

1

(化学成分wt%)

出発鋼	鋼	C	Si	Mn	Al	Ti	Nb	Cu	Ni	Cr	Mo	Co	W	V	B	$Ar_1$ $^\circ\text{C}$	$Ac_1$ $^\circ\text{C}$
本発明鋼	A	0.10	0.20	1.30	0.020		0.050								0.0005	770	715
本発明鋼	B	0.09	0.25	1.18	0.005										0.0015	785	718
本発明鋼	C	0.11	0.16	1.35	0.080										0.0010	762	713
本発明鋼	D	0.22	0.06	0.33	0.007											730	720
本発明鋼	E	0.10	0.21	1.25	0.030				3.05							615	665
本発明鋼	F	0.10	0.21	1.22	0.033				3.15		1.25					515	663
本発明鋼	G	0.10	0.18	1.30	0.018				2.90	2.10						585	701
本発明鋼	H	0.09	0.19	1.21	0.030	0.015			2.99	2.00	1.20					501	698
本発明鋼	I	0.08	0.20	1.50	0.030	0.006								0.080		760	713

出発鋼	鋼	C	Si	Mn	Al	Ti	Nb	Cu	Ni	Cr	Mo	Co	W	V	B	Ar <sub>3</sub> ℃	Ac <sub>1</sub> ℃
本発明鋼	J	0.07	0.21	3.49	0.026						0.30			0.068		585	692
本発明鋼	K	0.11	0.16	0.30	0.005				9.9	5.8	0.90	8.8				450	657
本発明鋼	L	0.10	0.45	1.00	0.069			0.61	0.89	0.13	0.30			0.026	0.0011	710	713
本発明鋼	M	0.10	0.33	0.96	0.011	0.050		0.22	1.16	0.34	0.20			0.019	0.0015	760	708
本発明鋼	N	0.05	0.18	1.46	0.055		0.008			0.30	0.15				0.0010	758	718
比較鋼	O	<u>0.30</u>	0.6	1.35	0.071								0.11		0.0015	705	713
比較鋼	P	0.10	0.45	1.00	0.075			0.56	0.92	0.15	0.30			<u>0.15</u>	0.0010	708	712
比較鋼	Q	0.10	0.38	0.96	0.080			0.55	0.99	0.22	0.28			0.031	<u>0.0033</u>	702	711

注：本発明鋼は本発明対象鋼を意味する。

表

2

\*1 JIS4号シャルピー衝撃試験片使用

	No.	鋼		Ar <sub>3</sub> 点以上 900℃以下の 温度域での 圧下率(%)	圧延終了後 冷却開始ま での時間 (秒)	冷却速 度 (℃/秒)	冷却 終了 温度 (℃)	焼戻し時の 昇温速度 (℃/秒)	焼戻し 温度 (℃)	引張強 度 (kg/mm <sup>2</sup> )	破面遷移 温度 *1 (℃)
本発明例	1	A	再加熱圧延	35	15	22	110	2	660	66	-51
比較例	3	B	〃	40	10	35	30	0.2	660	52	-61
本発明例	4	B	〃	25	15	35	60	10	620	64	-91
本発明例	5	C	〃	75	5	55	35	10	615	67	-102
比較例	6	C	〃	70	10	4	30	2	630	51	-55
本発明例	7	C	〃	20	8	26	400	5	610	56	-81
比較例	8	C	〃	15	5	29	265	7	620	57	-68
比較例	9	D	〃	40	10	17	500	2	460	46	-10
本発明例	10	D	〃	40	15	33	20	5	460	58	-33
本発明例	11	E	〃	50	5	7	33	5	575	71	-188
比較例	12	E	〃	45	15	9	61	5	690	61	-77
本発明例	13	E	直接圧延	60	15	5	40	5	575	68	-171
本発明例	14	F	〃	80	15	5	240	1	625	102	-180
本発明例	15	F	再加熱圧延	50	8	6	200	1	625	99	-175
比較例	16	F	〃	50	12	5	330	0.5	625	94	-140
本発明例	17	G	〃	40	5	10	60	2	570	83	-122
比較例	18	G	〃	40	3	12	35	0.8	570	73	-101
本発明例	19	H	〃	50	18	7	30	45	625	99	-190
比較例	21	H	〃	15	5	8	110	1	625	91	-155
比較例	22	H	再加熱圧延	50	3	6	55	2	420	120	-56
比較例	23	I	〃	50	11	26	360	0.5	550	56	-41
本発明例	24	I	再加熱圧延	50	8	31	440	1.5	600	62	-86
比較例	25	J	〃	38	11	3	30	2	520	63	-49
本発明例	26	J	〃	45	16	15	45	2.5	520	81	-110
比較例	27	K	〃	50	6	5	200	0.5	455	156	-50
本発明例	28	K	〃	50	10	5	240	2	460	160	-72
比較例	29	K	〃	40	12	65	20	2	470	181	-5
本発明例	30	L	〃	20	5	25	35	2	620	91	-150
比較例	31	L	〃	50	10	8	40	1	720	71	-76
比較例	32	L	〃	30	10	22	40	0.8	620	86	-125
本発明例	33	M	〃	50	20	31	110	2	600	85	-110
本発明例	35	N	〃	20	5	18	40	5	630	71	-122

	No.	鋼		Ar <sub>3</sub> 点以上 900°C以下の 温度域での 圧下率(%)	圧延終了後 冷却開始ま での時間 (秒)	冷却速 度 (°C/秒)	冷却 終了 温度 (°C)	焼戻し時の 昇温速度 (°C/秒)	焼戻し 温度 (°C)	引張強 度 (kg/mm <sup>2</sup> )	破面遷移 温度 *1 (°C)
比較例	36	N	//	15	4	16	30	5	630	69	-105
比較例	37	Q	//	50	6	28	100	2	660	60	-31
比較例	38	P	//	50	10	33	120	1	615	93	-56
比較例	39	Q	//	50	7	25	150	2	615	78	-50
比較例	40	L	//	50	—	0.5	30	2	620	81	-116
比較例	41	E	//	40	—	0.5	30	1	575	67	-125
比較例	42	H	//	40	—	0.5	30	1	625	89	-150
比較例	43	B	//	40	65	35	30	2	660	59	-72
比較例	44	C	//	70	75	25	30	2	630	58	-65
比較例	45	L	//	20	75	25	35	2	620	83	-101

(注1) 再加熱圧延の場合の圧延前の加熱温度

No. 1~10 1000°C  
 No. 11, 12 835°C  
 No. 15~22 830°C  
 No. 23~29 1150°C  
 No. 30~36 1050°C  
 No. 37 1000°C  
 No. 38, 39 1050°C  
 No. 40 1000°C  
 No. 41, 42 1100°C

\* No. 43, 44 1000°C

No. 45 1050°C

(注2)

No. 40~42は圧延後30°Cで0.5°C/秒で空冷、その後No. 4  
 20 αは900°Cに、No. 41, 42は830°Cに再加熱し焼入れ焼戻し  
 を行った。

(発明の効果)

本発明によれば、強度・靱性バランスの向上した強靱鋼  
 を安価に提供することができる。

\*

フロントページの続き

(72)発明者 藤田 崇史

福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1  
 新日本製鐵株式会社第3技術研究所内

(56)参考文献 特開 平1-176027(JP, A)

特開 平1-176029(JP, A)

特開 昭61-56268(JP, A)